

Deckblatt

Projekt	PSP-Element	Obj.Kenn.	Aufgabe	UA	Lfd.Nr.	Rev.	Seite:
NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	XAXXX	AA	NNNN	NN	
9K	33219		LBA RB	0002	03	EU 262	Stand: 31.03.95

Titel der Unterlage:

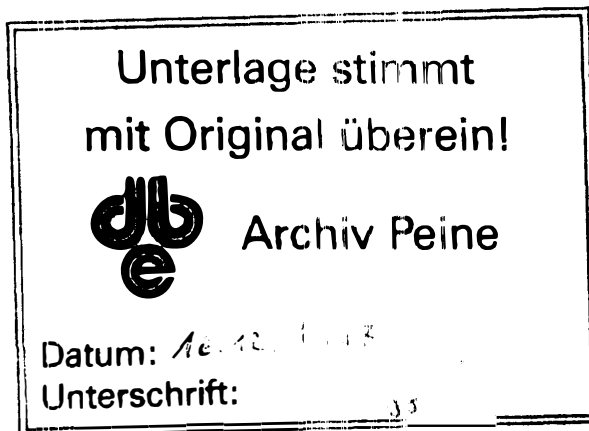
Systemanalyse Konrad, Teil 3: Grundlagen der Ableitung von Aktivitätsbegrenzungen für den bestimmungsgemäßen Betrieb der Schachanlage Konrad; GRS-A-1522

Ersteller:

GRS

Textnummer:

Stempelfeld:



Freigabe für Behörden:

Freigabe im Projekt:

Datum und Unterschrift

Datum und Unterschrift

Diese Unterlage unterliegt samt Inhalt dem Schutz des Urheberrechts sowie der Pflicht zur vertraulichen Behandlung auch bei Befreiung und Vernichtung und darf vom Empfänger nur auftragsbezogen genutzt, vervielfältigt und Dritten zugänglich gemacht werden. Eine andere Verwendung und Weitergabe bedarf der ausdrücklichen Zustimmung des BfS.

Revisionsblatt

Projekt N A A N	PSP-Element N N N N N N N N N N	Obj.Kenn. N N N N N N N	Aufgabe X A A X X	UA A A	Lfd.Nr. N N N N	Rev. N N		Seite: II
9K	33219		LBA	RB	0002	03	EU 262	Stand: 02/1989

Titel der Unterlage:

Systemanalyse Konrad, Teil 3: Grundlagen der Ableitung von Aktivitätsbegrenzungen für den bestimmungsgemäßen Betrieb der Schachanlage Konrad; GRS-A-1522

Rev.	Rev.-Stand Datum	UVST	Prüfer (Kürzel)	rev. Seite	Kat. *)	Erläuterung der Revision
01	Dez. 89	ET2.3			S	Anpassung der Tabelle an den PTB-SE-IB-58, Anpassung der Daten für Kammerabschlußbauwerke Typ I und Typ II an die neuen Planungen, Berücksichtigung der Löslichkeit von CO ₂ im Versatz; bei den m-Werten neue Zahlenwerte für unspezifiziertes H ₃ ; Neue Zahlenwerte für JAZ-Werte in Anhang 2 Aufgrund von Seitenverschiebungen wird der gesamte Arbeitsbericht als Revision übergeben
02	Mai 1990	ET2.3			S	Revision des gesamten Arbeitsberichtes aufgrund des vollständigen Übergangs von Schleuder- auf Pumpversatz
03	31.03.95	ET2.3		1, 4, 5, 6, 16	R	Literaturzitate entfernt
				1, 5, 6, 14, 19	R	Literaturzitate aktualisiert
				3	V	Erläuterung der Zahl für die maximale Anzahl der pro Jahr einlagerbaren Gebinde
				8	S	Präzisierung der relativen jährlichen Freisetzungsraten, Übernahme des Sachinhalts aus der Prüfunterlage EU 260 Kap.3
				11	V	Präzisierung der Zahl für die Anzahl der jährlich maximal einzulagernden Gebinde
				15	V	Verweis korrigiert
				16	R	"versetzte Bereiche" ergänzt
				A-6	V	Ergänzung um Aussage zur Konservativität
				A-7	R	PTB durch BfS ersetzt

*) Kategorie R = redaktionelle Korrektur
 Kategorie V = verdeutlichende Verbesserung
 Kategorie S = substantielle Revision
 mindestens bei der Kategorie S müssen Erläuterungen angegeben werden



Revisionsblatt

Projekt N A A N	PSP-Element N N N N N N N N N N	Obj.Kenn. N N N N N N	Aufgabe X A A X X	UA A A	Lfd.Nr. N N N N	Rev. N N	Seite: III
9K	33219		LBA	RB	0002	03	Stand: 02/1989

Titel der Unterlage:

Systemanalyse Konrad, Teil 3: Grundlagen der Ableitung von Aktivitätsbegrenzungen für den bestimmungsgemäßen Betrieb der Schachanlage Konrad: GRS-A-1522

Rev.	Rev.-Stand Datum	UVST	Prüfer (Kürzel)	rev. Seite	Kat. (*)	Erläuterung der Revision
03	31.03.95	ET2.3		10 12 13 17 18	S	Ergänzung der Definition der Abfallproduktgruppe metallische Feststoffe. Übernahme Sachverhalt aus Prüfunterlage EU 260, Seite 5.



*) Kategorie R = redaktionelle Korrektur
 Kategorie V = verdeutlichende Verbesserung
 Kategorie S = substantielle Revision
 mindestens bei der Kategorie S müssen Erläuterungen angegeben werden

Systemanalyse Konrad, Teil 3

Grundlagen der Ableitung von Akti-
vitätsbegrenzungen für den be-
stimmungsgemäßen Betrieb der
Schachanlage Konrad

Revision 3

März 1995
Auftrags-Nr.: 41 373

Anmerkung:

Dieser Bericht ist von der GRS im
Auftrag des Bundesamtes für
Strahlenschutz (BfS) erstellt
worden. Der Auftraggeber behält
sich alle Rechte vor. Insbesondere
darf dieser Bericht nur mit seiner
Zustimmung zitiert, ganz oder
teilweise vervielfältigt werden bzw.
Dritten zugänglich gemacht
werden.

Der Bericht gibt die Auffassung
und Meinung des Auftragnehmers
wieder und muß nicht mit der
Meinung des Auftraggebers
übereinstimmen.



INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1 Einleitung	1
2 Randbedingungen für die Sicherheitsanalysen	2
2.1 Geologische Randbedingungen	2
2.2 Bauliche Auslegung des Endlagers	2
2.3 Betriebsweise des Endlagers	3
2.4 Eigenschaften der einzulagernden Abfälle	4
2.5 Mechanismen der Freisetzung aus den Einlagerungskammern	4
2.6 Antragswerte	4
3 Ableitung der Garantiewerte	6
4 Ableitung betrieblicher Grenzwerte	14
5 Literatur	19
Anhang 1	
Anhang 2	



1 EINLEITUNG

Im Rahmen der Sicherheitsanalysen für den bestimmungsgemäßen Betrieb des Endlagers Konrad werden Aktivitätsbegrenzungen auf verschiedenen Wegen abgeleitet. Zum einen werden in den Unterlagen Garantiewerte der Aktivität pro Abfallbinde angegeben, bei deren Einhaltung keine weiteren Bedingungen an die Annahme derartiger Abfälle aus der Sicht des bestimmungsgemäßen Betriebes gestellt werden. Diese Werte basieren auf einem Modellszenario, dessen Randbedingungen den heutigen Planungsstand widerspiegeln.

03

In /MÜL 90/ wird zum anderen ein Verfahren zur Ableitung betrieblicher Aktivitätsgrenzwerte beschrieben, die die einlagerbare Aktivität pro Längeneinheit der Einlagerungskammern begrenzen. Diese Grenzwerte werden erstmals unmittelbar vor Aufnahme des Einlagerungsbetriebes anhand der konkreten Randbedingungen festgelegt.

03

Im vorliegenden Bericht werden zunächst die Grundlagen und Randbedingungen der Ableitung von Aktivitätsbegrenzungen dargestellt. Danach wird zusammenfassend erläutert, wie auf dieser Basis Garantiewerte bzw. betriebliche Aktivitätsgrenzwerte ermittelt werden.



2 RANDBEDINGUNGEN FÜR DIE SICHERHEITSANALYSEN

2.1 Geologische Randbedingungen

Unter geologischen Randbedingungen werden hier die Eigenschaften des Wirtsgesteins verstanden, soweit sie bei der Ermittlung der Garantiewerte und betrieblicher Aktivitätsgrenzwerte berücksichtigt wurden. Bei zukünftigen Sicherheitsbetrachtungen werden für diese Größen keine Veränderungen erwartet, die zu neuen Ergebnissen führen würden.

Als geologische Randbedingungen werden unter diesen Voraussetzungen verwendet:

- Temperatur in den gefüllten Einlagerungskammern

Ohne Bewetterung wird eine Temperatur in den gefüllten Einlagerungskammern unterstellt, die der Gleichgewichtstemperatur im Wirtsgestein entspricht. Die eingelagerten Abfälle liefern hierzu definitionsgemäß einen vernachlässigbaren Beitrag. Ein Wert von 50° C wird dabei herangezogen für

- die Ableitung von Freisetzungsraten aus den Abfallprodukten für verschiedene Radionuklide bzw. Radionuklidgruppen,
- die Ableitung des Durchlässigkeitsanteils bei Abfallgebinden mit spezifizierter Dichtigkeit und
- die Ermittlung der Diffusionskoeffizienten für die Beschreibung der Diffusion von gasförmigen Aktivitäten durch den Kammerversatz und den Kammerabschluß.

2.2 Bauliche Auslegung des Endlagers

Von den mit der Herrichtung des Bergwerks geschaffenen Randbedingungen des Endlagers interessieren für die Ableitung von Aktivitätsbegrenzungen:

- die gesamte Länge aller Einlagerungskammer
- Für die Ermittlung der betrieblichen Aktivitätsgrenzwerte kann nicht von den Abmessungen einer mittleren Einlagerungskammer ausgegangen werden,



sondern es müssen die realen Verhältnisse des Einlagerungsbetriebs zugrunde gelegt werden. Dies geschieht durch die Festlegung der maximalen Länge aller Einlagerungskammern. Hierfür wird nach dem heutigen Planungsstand ein Wert von 26.000 m verwendet.

- die Eigenschaften des Kammerversatzes und des Kammerabschlusses (Ausmaße, Porosität, Permeabilität)

Sofern eine oder mehrere Einlagerungskammern mit einem Kammerabschlußbauwerk verschlossen werden, bestimmen auch dessen Eigenschaften die Rückhalteeigenschaften für die Freisetzung radioaktiver Stoffe aus den versetzten Kammern.

2.3 Betriebsweise des Endlagers

Die Betriebsweise des Endlagers bestimmt die Ableitung von Aktivitätsgrenzwerten in folgenden Punkten:

- Die Aktivität der Abfälle in unversetzten Einlagerungsbereichen wird durch die maximale Länge der mit Abfällen befüllten unversetzten Bereiche beeinflusst. Diese Größe wird spätestens mit Beginn der Einlagerung erstmals festgelegt.
- Bei der Ableitung der einlagerbaren Ra 226-Aktivität wird ein mittlerer Wetterstrom von etwa 34 m³/s in Hinblick auf die Radon-Inhalationsbelastung des Betriebspersonals zugrundegelegt. Der Anteil der Arbeitszeit in kontaminierten Abwettern beträgt $\leq 12\%$ (siehe Anhang).

Bei der Ableitung der Garantiewerte wird unter Berücksichtigung der maximalen Förderspiele und des Abfallgebindeartenspektrums von einem zu erwartenden oberen Wert von 10.000 Abfallgebinden, die pro Jahr einlagerbar sind, ausgegangen.

03



2.4 Eigenschaften der eingelagerten Abfälle

Die in den Sicherheitsanalysen zugrunde gelegten Eigenschaften der eingelagerten Abfälle sind in Anforderungen an diese Abfälle umgesetzt worden. Die Einhaltung dieser Anforderungen an die Abfallprodukte und an die Verpackungen ist daher notwendige Voraussetzung für die Gültigkeit der Garantiewerte und der betrieblichen Aktivitätsgrenzwerte.

| 03

2.5 Mechanismen der Freisetzung aus den Einlagerungskammern

Solange die Abfälle unversetzt sind, wird für die aus den Abfallgebinden freigesetzten radioaktiven Stoffe bei ihrem Transport mit den Abwettern zum Diffusor keine Rückhaltung, Verzögerung oder Ablagerung unterstellt. Die freigesetzte Aktivität wird als vollständig luftgetragen angenommen.

Aus versetzten Einlagerungsbereichen wird die Freisetzung luftgetragener Aktivität bewirkt durch

- Austreiben der Restluft oder Gase in bewetterte Strecken infolge Gasbildung (z.B. durch Korrosion, Radiolyse)
- Druckschwankungen in den untertägigen Wettern und Temperaturerhöhungen in den Einlagerungskammern
- ggf. Diffusion durch den Kammerversatz und den Kammerabschluß.

2.6 Antragswerte

Als Basis für die Ableitung von Aktivitätsbegrenzungen dienen die Antragswerte für die Ableitung radioaktiver Stoffe mit den Abwettern:

H 3	$1.5 \cdot 10^{13}$ Bq/a
C 14	$3.7 \cdot 10^{11}$ Bq/a
I 129	$7.4 \cdot 10^6$ Bq/a



Rn 222	$1.9 \cdot 10^{12}$ Bq/a
β/γ -Aerosole	$7.4 \cdot 10^7$ Bq/a
α -Aerosole	$3.7 \cdot 10^6$ Bq/a

Wendet man die zuvor beschriebenen Randbedingungen auf die derzeit spezifizierten Abfalldaten und das hierfür erwartete Mengengerüst (siehe Anhang 1) an, erhält man Erwartungswerte der Ableitung radioaktiver Stoffe mit den Abwettern. Die nachfolgende Tabelle stellt diese Erwartungswerte den o.g. Antragswerten gegenüber /EU 300/:

03

	Erwartungs- wert Bq/a	Anteil von Antrags- wert	Antrags- werte Bq/a
H 3	2.3E12	12 %	1.5E13
C 14	4.9E10	13 %	3.7E11
I 129	2.1E04	0.3 %	7.4E06
Rn 222	3.2E10	1.7 %	1.9E12
Sonstige β/γ -Strahler	2.4E06	3.2 %	7.4E07
Sonstige α -Strahler	1.5E03	0.04 %	3.7E06



Es zeigt sich, daß die beantragten Aktivitätsableitungswerte z.T. deutlich unterschritten werden.

3 ABLEITUNG DER GARANTIEWERTE

Zur Ableitung der Garantiewerte wird auf der Basis der zuvor beschriebenen Randbedingungen von folgendem Modellszenario ausgegangen:

- Die Einlagerung erfolgt über eine Betriebszeit von 40 a in 52 Einlagerungskammern mit der mittleren Länge von 500 m.
- Es sind 400 m Kammerlänge im Jahresmittel unversetzt.
- Die Maximalzahl der pro Jahr eingelagerten Abfallgebinde beträgt 10.000.

Wegen des relativ hohen Luftaustausches durch Druckschwankungen und Gasbildung wird praktisch die gesamte pro Jahr aus den Abfallgebinden freigesetzte gasförmige Aktivität auch im gleichen Jahr in die Abwetter gelangen. Die Gleichung für die Freisetzungsrates \dot{F} lautet dann (vgl. /MÜL 90/):

$$\dot{F} = \lambda_2 \cdot A_2 = \lambda_1 \cdot A_{10} \cdot e^{-(\lambda_1 + \lambda)t} \quad (1)$$

mit

λ_1 = Ratenkonstante der Freisetzung aus den Abfallgebinden

λ_2 = Ratenkonstante der Freisetzung in die wetterführenden Strecken

λ = physikalische Zerfallskonstante

A_{10} = Aktivität im Abfall beim Abschluß der Einlagerungskammer, d. h. zum Zeitpunkt $t = 0$

A_2 = luft- oder gasgetragene Aktivität innerhalb versetzter Einlagerungsbereiche

| 03

| 03



Die Freisetzung aus versetzten Einlagerungsbereichen beträgt dann bis zum Zeitpunkt $t = T$:

$$F = \int_0^T \lambda_2 A_2 dt = \frac{\lambda_1}{\lambda + \lambda_1} \cdot A_{10} \cdot (1 - e^{-(\lambda_1 + \lambda)T}) \quad (2)$$

Normiert auf die Freisetzung aus den Abfällen im ersten Jahr $\lambda_1 \cdot A_{10}$ ergibt dies einen Gewichtungsfaktor w_a mit

$$w_a = \frac{1}{\lambda + \lambda_1} \cdot (1 - e^{-(\lambda + \lambda_1)T}), \quad (3)$$

der den Beitrag der Freisetzung aus versetzten Einlagerungsbereichen in dem betrachteten Zeitraum charakterisiert. Im letzten, dem 40. Betriebsjahr liefern alle in den vorangegangenen Jahren sukzessiv befüllten Einlagerungskammern einen entsprechenden Beitrag, der in der Summe dem Wert F bei Integration über 40 Jahre entspricht.

Um bei der Ermittlung der Aktivitätsableitung und nachfolgend der Garantiewerte zu konservativen Ergebnissen zu gelangen, ist es erforderlich, den Beitrag unversetzter Einlagerungsbereiche zu berücksichtigen. Hierzu wird der Anteil der maximal 10 000 Abfallgebinde pro Jahr abgeschätzt, der gleichzeitig zur Freisetzung von Aktivität aus unversetzten Bereichen beiträgt. Die 10 000 Gebinde entsprechen etwa zwei Einlagerungskammern mittlerer Größe oder 1 000 m befüllter Kammerlänge. Für die 400 m im Jahresmittel unversetzten Abfälle beträgt dann der Gewichtungsfaktor $w_0 = 0.4$. D. h. es wird unterstellt, daß permanent 4 000 Abfallgebinde zur Freisetzung aus unversetzten Bereichen beitragen.

Mit den so berechneten Freisetzungsdaten werden die Garantiewerte nach folgender Beziehung abgeleitet:

$$n \cdot A_G \cdot f_0 \cdot w_0 + n \cdot A_G \cdot f_a \cdot w_a = G \quad (4)$$

n = Maximalzahl der pro Jahr eingelagerten Abfallgebinde = 10^4

A_G = Garantiewert der Aktivität pro Abfallgebinde



f_0 / f_a = relative Freisetzungsrate aus dem Abfall in unversetzten bzw. versetzten Einlagerungsbereichen

w_0, w_a = Gewichtungsfaktoren zur Charakterisierung des Beitrages zur Freisetzung aus unversetzten bzw. versetzten Einlagerungsbereichen normiert auf die Freisetzung aus den Abfällen im ersten Jahr

G = Antragswerte für die Ableitung von Aktivität mit den Abwettern.

Für f_0 gelten die in Tab. 3.1 angegebenen Werte außer im Falle von Abfallgebinden mit spezifizierter Dichtigkeit, bei denen der Wert f_0 mit dem Durchlässigkeitsfaktor der Verpackung zu multiplizieren ist. Die spezifizierte Dichtigkeit wird nach dem Einbringen des Versatzes als nicht mehr gegeben unterstellt. Für f_a ergibt sich der Wert 0 (vollständige Rückhaltung im Kammerversatz und Kammerabschluß) außer im Falle von H-3- und C-14-haltigen Abfällen. Bei den H-3-haltigen Abfällen wird keine Rückhaltung für das aus den Abfallgebinden ausgetretene H3 in der Form HT und vollständige Rückhaltung für den als HTO freigesetzten Anteil unterstellt. Bei den flüchtigen bzw. unspezifizierten C-14-haltigen Abfällen wird ein um den Faktor 10 reduzierter Freisetzungsfaktor zur Ermittlung der luftgetragenen C-14-Aktivität aus versetzten Bereichen der Einlagerungskammern unterstellt, da von einer Freisetzung aus den Abfallgebinden zu 90 % in der Form als CO_2 ausgegangen wird, das in der Feuchte des Versatzes vollständig gelöst wird.

Die obige Gleichung ist für jedes Radionuklid bzw. für jede Radionuklidgruppe in jeder spezifizierten chemischen Form und in jeder spezifizierten Verpackung einzeln zu betrachten. Die Werte für A_G ergeben sich dann aus

$$A_G = \frac{G}{n \cdot (f_0 \cdot w_0 + f_a \cdot w_a)} \quad (5)$$

Die Aktivitätswerte A_G für die einzelnen Radionuklide und Radionuklidgruppen können für eine gegebene Verpackung und eine gegebene Abfallproduktgruppe gleichzeitig ausgeschöpft werden. Dabei ist zu beachten, daß bei gleichzeitigem Vorliegen eines Radionuklids oder einer Radionuklidgruppe in mehreren Spezifikationen in einem Abfallgebäude entweder der dann restriktivste Garantiewert zugrunde gelegt wird oder die Garantiewerte anteilig entsprechend den Aktivitätsanteilen im Abfallgebäude berücksichtigt werden.

Für Ra 226 bzw. Rn 222 erfolgt die Begrenzung nicht aufgrund des beantragten Abgabewertes, sondern durch die Limitierung der Inhalationsdosis des untätigen Personals. Hierfür gilt, daß die Strahlenexposition des Personals durch Inhalation ca. 1 % des Grenzwertes für die effektive Äquivalentdosis nach § 49 StrlSchV für beruflich strahlenexponierte Personen der Kategorie A nicht überschreiten soll. Mit dem im Anhang 2 beschriebenen Verfahren ergeben sich aus diesem Planungsrichtwert die Garantiewerte A_G für Ra 226.

9



Tab. 3-1: Relative Freisetzungsraten radioaktiver Stoffe aus Abfallprodukten; Gesamtaktivität im Abfallprodukt ohne Tritiumaktivität: a) $< 10^{10}$ Bq, b) $\geq 10^{10}$ Bq bis 10^{12} Bq, c) $\geq 10^{12}$ Bq; Massenanteil des Wassers bzw. der Restfeuchte im Abfallprodukt: d) $< 1\%$, e) $\geq 1\%$.

Radionuklid/ Radionuklidgruppe	Metallische Feststoffe ²⁾ a ⁻¹	Sonstige Abfallproduktgruppen a ⁻¹
Tritium:		
- unspezifiziert		≤ 0.1
- als HTO		a) $5 \cdot 10^{-2}$ (HTO) + 10^{-5} (HT) b) $5 \cdot 10^{-2}$ (HTO) + 10^{-3} (HT) c) $5 \cdot 10^{-2}$ (HTO) + $5 \cdot 10^{-2}$ (HT)
- als HT	$5 \cdot 10^{-4}$	
C-14:		
- unspezifiziert oder in flüchtiger Form	$1 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-2}$
- als Feststoff		$5 \cdot 10^{-10}$
I-129:		
- unspezifiziert		10^{-4}
- auf silberhaltigen Filtern der Abgasreinigung von Wie- deraufarbeitungsanlagen		10^{-6}
Rn-222: ¹⁾		
- Behälter ohne Dichtigkeits- spezifikation		
• unfixierte Abfälle		53
• fixierte Abfälle		3.3
- Behälter mit spezifizierter Dichtigkeit		1.0
Leicht lösliche Feststoffe (Ra-226 und β/γ -Aerosole außer Pu-241)		d) $5 \cdot 10^{-12}$ e) $5 \cdot 10^{-10}$
Schwer lösliche Feststoffe (α -Aerosole und Pu-241 außer Ra-226)		$5 \cdot 10^{-12}$

¹⁾ Die für Rn hier angegebenen Freisetzungsraten sind auf die entsprechende Ra-226-Aktivität in den Abfällen bezogen.

²⁾ Abfallproduktgruppe umfasst auch Absorberstäbe und Steuerelemente aus Leichtwasser-Reaktoren



Mit den dargestellten Verfahren und Randbedingungen erhält man die in Tabelle 3-2 zusammengestellten Garantiewerte.

Die Garantiewerte für die sonstigen β/γ - und α -Strahler in Verpackungen mit spezifizierter Dichtigkeit liegen so hoch, daß sie vermutlich nie von praktischer Bedeutung sind. Daher wird bei den Annahmebedingungen die Steigerung der Garantiewerte mit steigender spezifizierter Dichtigkeit bei den genannten Radionuklidgruppen nicht übernommen.

Aus den so gewonnenen Garantiewerten läßt sich durch Multiplikation mit der maximalen Gebindeanzahl ($= 10^4$) ein Maximalwert der pro Jahr einlagerbaren Aktivität für die Schachanlage Konrad ermitteln. Diese Aktivitätswerte pro Jahr werden für die einzelnen Radionuklide und Radionuklidgruppen als Richtwerte verstanden. Bei geänderten Randbedingungen können sich diese Richtwerte ändern. Eine entsprechende Festlegung ist erstmals spätestens vor Aufnahme des Einlagerungsbetriebes erforderlich.

Die Garantiewerte werden u.a. mit der Randbedingung ermittelt, daß die eingelagerten Abfallgebinde in Pumpversatztechnik versetzt werden und die Einlagerungskammern nicht mit einem zusätzlichen Abschlußbauwerk verschlossen werden. Für spezielle Abfälle, z.B. hoch Tritium- oder C 14-haltige Abfälle, kann es erforderlich sein, ein quasi-dichtes zusätzliches Abschlußbauwerk zu errichten. Dieses Abschlußbauwerk setzt gleichzeitig voraus, daß die Gasbildungsrate und die Konvergenz in den betreffenden Einlagerungskammern begrenzt werden, um einen unzulässigen Druckaufbau in der Einlagerungskammer oder eine unzulässige Freisetzung zu verhindern.

03



Tabelle 3-2: Aktivitätswerte (Garantiewerte) für Radionuklide und Radionuklidgruppen pro Abfallgebinde, die aus der Sicherheitsanalyse für den bestimmungsgemäßen Betrieb resultieren (Angaben in Bq/Abfallgebinde)

Radionuklid/ Radionuklid- gruppe	Verpackung ohne spezifizierte Dichtigkeit		Verpackung mit spezifizierter Dichtigkeit jährlicher Durchlässigkeitsanteil					
	Metallische Feststoffe*)	Sonstige Abfallprodukt- gruppen	≤ 0.01		≤ 0.001		≤ 0.0001	
Metallische Feststoffe			Sonstige Abfallprodukt- gruppen	Metallische Feststoffe	Sonstige Abfallprodukt- gruppen	Metallische Feststoffe	Sonstige Abfallprodukt- gruppen	
Tritium								
- unspezifiziert		3.0 · 10 ⁹		3.3 · 10 ⁹		3.3 · 10 ⁹		3.3 · 10 ⁹
- als HTO		a) 7.4 · 10 ¹⁰ b) 4.2 · 10 ¹⁰ c) 3.0 · 10 ⁹		a) 4.2 · 10 ¹² b) 9.4 · 10 ¹⁰ c) 3.3 · 10 ⁹		a) 8.4 · 10 ¹² b) 9.5 · 10 ¹⁰ c) 3.3 · 10 ⁹		a) 9.3 · 10 ¹² b) 9.5 · 10 ¹⁰ c) 3.3 · 10 ⁹
- als HT	1.9 · 10 ¹¹		1.9 · 10 ¹¹		1.9 · 10 ¹¹		1.9 · 10 ¹¹	
C 14								
- unspezifiziert oder in flüchtiger Form	8.4 · 10 ¹²	1.8 · 10 ⁸	9.2 · 10 ¹²	2.0 · 10 ⁸	9.2 · 10 ¹²	2.0 · 10 ⁸	9.2 · 10 ¹²	2.0 · 10 ⁸
- Anteil in flüchtiger Form ≤ 10 %		1.8 · 10 ⁹		2.0 · 10 ⁹		2.0 · 10 ⁹		2.0 · 10 ⁹
- Anteil in flüchtiger Form ≤ 1 %		1.8 · 10 ¹⁰		2.0 · 10 ¹⁰		2.0 · 10 ¹⁰		2.0 · 10 ¹⁰

103

Gesamtaktivität im Abfallprodukt ohne Tritiumaktivität: a) < 10¹⁰ Bq, b) ≥ 10¹⁰ Bq bis < 10¹² Bq, c) ≥ 10¹² Bq;

Massenanteil des Wassers bzw. der Restfeuchte im Abfallprodukt: d) < 1 %, e) ≥ 1 %;

*) Abfallproduktgruppe umfaßt auch Absorberstäbe und Steuerelemente aus Leichtwasser-



03

017

Tabelle 3-2: (Fortsetzung)

Aktivitätswerte (Garantiewerte) für Radionuklide und Radionuklidgruppen pro Abfallgebinde, die aus der Sicherheitsanalyse für den bestimmungsgemäßen Betrieb resultieren (Angaben in Bq/Abfallgebinde)

Radionuklid/ Radionuklid- gruppe	Verpackung ohne spezifizierte Dichtigkeit				Verpackung mit spezifizierter Dichtigkeit jährlicher Durchlässigkeitsanteil			
	Metallische Feststoffe *)	Sonstige Abfallprodukt- gruppen	≤ 0.01 Metallische Feststoffe	Sonstige Abfallprodukt- gruppen	≤ 0.001 Metallische Feststoffe	Sonstige Abfallprodukt- gruppen	≤ 0.0001 Metallische Feststoffe	Sonstige Abfallprodukt- gruppen
I 129								
- unspezifiziert		1.9 · 10 ⁷		1.9 · 10 ⁹		1.9 · 10 ¹⁰		1.9 · 10 ¹¹
- auf silberhaltigen Filtern aus der Abgasreinigung von Wiederaufarbeitungsanlagen		1.9 · 10 ⁹		1.9 · 10 ¹¹		1.9 · 10 ¹²		1.9 · 10 ¹³
Ra 226								
- unfixiert		9.0 · 10 ⁶		4.8 · 10 ¹⁰		4.8 · 10 ¹¹		4.8 · 10 ¹²
- fixiert		1.4 · 10 ⁸		4.8 · 10 ¹⁰		4.8 · 10 ¹¹		4.8 · 10 ¹²
sonstige β/γ-Strahler außer Pu 241		d) 3.7 · 10 ¹⁵ e) 3.7 · 10 ¹³		d) 3.7 · 10 ¹⁷ e) 3.7 · 10 ¹⁵		d) 3.7 · 10 ¹⁷ e) 3.7 · 10 ¹⁵		d) 3.7 · 10 ¹⁷ e) 3.7 · 10 ¹⁵
sonstige α-Strahler sowie Pu 241		1.9 · 10 ¹⁴		1.9 · 10 ¹⁶		1.9 · 10 ¹⁶		1.9 · 10 ¹⁶

| 03

Gesamtaktivität im Abfallprodukt ohne Tritiumaktivität: a) < 10¹⁰ Bq, b) ≥ 10¹⁰ Bq bis < 10¹² Bq, c) ≥ 10¹² Bq;

Massenanteil des Wassers bzw. der Restfeuchte im Abfallprodukt: d) < 1 %, e) ≥ 1 %;

Abfallproduktgruppe umfaßt auch Absorberstäbe und Steuerelemente aus Leichtwasserreaktoren



| 03

4 ABLEITUNG BETRIEBLICHER GRENZWERTE

Da die spätere Einlagerung sicher nicht in allen Details dem Modellszenario für die Ableitung der Garantiewerte folgt, ergibt sich die Notwendigkeit, ein Verbindungsglied zwischen den beantragten Ableitungen mit den Abwettern und der betrieblichen Praxis zu schaffen. Es gilt also, ein praktisch handhabbares Kriterium zu entwickeln, dessen Anwendung die Einhaltung der Antragswerte sicherstellt und trotzdem die Flexibilität des Einlagerungsbetriebes nicht unnötig einschränkt.

Zu diesem Zweck wird zunächst unterschieden zwischen szenarienunabhängigen Parametern und solchen, die nur zu Charakterisierung des Modellszenarios (z.B. jährlich einlagerbare Gebindezahl) dienen. Da die betrieblichen Aktivitätsgrenzwerte unabhängig von dem ursprünglichen Modell gelten, haben die Parameter der zweiten Gruppe keine weitere Bedeutung. Hierauf wurde im Kapitel 2 bereits hingewiesen.

Auf der Basis der betrieblich relevanten Grundlagen und Randbedingungen wird in (/MÜL90/) ein Verfahren abgeleitet, mit dem unter den aktuellen Vorgaben für die betriebliche Praxis betriebliche Aktivitätsgrenzwerte bestimmt werden können, die die Einhaltung der Antragswerte für die Ableitung radioaktiver Stoffe mit den Abwettern gewährleisten. Kennzeichnend für dieses Verfahren ist die Ermittlung eines im Mittel einzuhaltenden längenbezogenen Aktivitätsgrenzwertes.

| 03

Hierbei wird die Menge der Abfälle in unversetzten und versetzten Bereichen in verallgemeinerter Form bei der Ableitung längenbezogener Aktivitätsgrenzwerte berücksichtigt.

Mit den genannten Parametern wird ein längenbezogener Aktivitätsgrenzwert R nach folgender Beziehung ermittelt (/MÜL90/):

| 03

$$R = \frac{G}{l_{\text{max}} \cdot f_0 + l \cdot f_a \cdot k_a} \quad (6)$$

wobei

G = Antragswert für die Ableitung radioaktiver Stoffe mit den Abwettern



f_o, f_a = relative Freisetzungsrate der Aktivität aus dem Abfall in unversetzten bzw. versetzten Einlagerungsbereichen (siehe Kapitel 3)

03

l_{omax} = maximale Länge der mit Abfällen befüllten unversetzten Einlagerungsbereiche (siehe Kapitel 2.3 und 3)

l = Gesamtlänge aller vorgesehenen Einlagerungskammern (siehe Kapitel 2.2)

k_a = Gewichtungsfaktor der Freisetzung aus versetzten Einlagerungsbereichen unter Berücksichtigung des zeitlichen Einlagerungsablaufs und des radioaktiven Zerfalls, normiert auf die Freisetzung aus den Abfällen im ersten Jahr.

Die längenbezogenen Aktivitätsgrenzwerte sind für jedes Radionuklid bzw. für jede Radionuklidgruppe in jeder spezifizierten chemischen Form und jeder spezifizierten Verpackung einzeln zu ermitteln. Hinsichtlich ihrer Ausnutzung gelten dieselben Summationsregeln wie bei den Garantiewerten (vgl. Kap. 3).

Da die Antragswerte ($\hat{= G}$) und die Freisetzungseigenschaften ($\hat{= f_o, f_a}$) bereits feststehen, folgt aus der obigen Gleichung, daß spätestens bis zur Aufnahme des Einlagerungsbetriebes die Größen l, l_{omax} und k_a festgelegt werden müssen. Eine spätere Änderung ist dann möglich, wenn erkennbar ist, daß R nicht ausgeschöpft wird. Hierfür können verschiedene Gründe vorliegen, z.B..

- die mittlere Aktivitätskonzentration der Abfälle ist geringer als durch R vorgegeben oder
- die Dauer der Betriebszeit des Endlagers ändert sich.

Das Verfahren zur Bestimmung betrieblicher Aktivitätsgrenzwerte gestattet somit nicht nur eine flexible Anpassung der Aktivitätsbegrenzung an die betriebliche Praxis bei Aufnahme der Einlagerung. Es erlaubt auch eine nachträgliche Berücksichtigung betrieblicher Gegebenheiten, die bei Aufnahme der Einlagerung u. U. noch nicht absehbar sind.

Die Grenzwerte für die betriebliche Praxis resultieren damit aus:

- den Antragswerten für die Ableitung radioaktiver Stoffe mit den Abwettern,



- den Freisetzungsraten und den Durchlässigkeitsfaktoren bei Abfallgebinden mit spezifizierter Dichtigkeit,
- der maximalen Länge offenstehender, unversetzter Einlagerungsbereiche und
- der maximalen Länge der zu befüllenden Einlagerungskammern sowie der dafür vorgesehenen Betriebsdauer.

| 03

Sie stellen sicher, daß auch im ungünstigsten Betriebsjahr des Endlagers die Antragswerte für die Ableitung radioaktiver Stoffe mit den Abwettern eingehalten werden.

Beispielhaft werden derartige betriebliche Grenzwerte für folgende Randbedingungen berechnet:

- $l_{\text{omax}} = 400 \text{ m}$

- $l = 26 \text{ 000 m}$

Die Gesamtlänge ergibt sich aus 52 Einlagerungskammern mittlerer Länge (500 m).

- $t_a = 40 \text{ a}$

Die geplante Betriebszeit des Endlagers beträgt 40 Jahre.

Mit diesen Randbedingungen erhält man die in Tabelle 4-1 dargestellten betrieblichen Aktivitätsgrenzwerte.

Die Freisetzungsraten für versetzte und unversetzte Einlagerungsbereiche werden dabei den Ausführungen des Kap. 3 und der Tabelle 3-1 entnommen. Die Gewichtungsfaktoren w_a bzw. $k_a = w_a/t_a$ werden nach der Formel (3) (siehe Kapitel 3) ermittelt.

| 03



Tabelle 4-1: Beispielhafte betriebliche Aktivitätsgrenzwerte für Radionuklide und Radionuklidgruppen, die aus der Sicherheitsanalyse für den bestimmungsgemäßen Betrieb resultieren (Angaben in Bq/m)

Radionuklid/ Radionuklid- gruppe	Verpackung ohne spezifizierte Dichtigkeit		Verpackung mit spezifizierter Dichtigkeit jährlicher Durchlässigkeitsanteil					
	Metallische Feststoffe*)	Sonstige Abfallprodukt- gruppen	≤ 0.01		≤ 0.001		≤ 0.0001	
Metallische Feststoffe			Sonstige Abfallprodukt- gruppen	Metallische Feststoffe	Sonstige Abfallprodukt- gruppen	Metallische Feststoffe	Sonstige Abfallprodukt- gruppen	
Tritium								
- unspezifiziert		4.4 · 10 ¹⁰		5.0 · 10 ¹⁰		5.0 · 10 ¹⁰		5.0 · 10 ¹⁰
- als HTO		a) 7.5 · 10 ¹¹ b) 4.9 · 10 ¹¹ c) 4.4 · 10 ¹⁰		a) 4.9 · 10 ¹³ b) 1.4 · 10 ¹² c) 5.0 · 10 ¹⁰		a) 1.2 · 10 ¹⁴ b) 1.5 · 10 ¹² c) 5.0 · 10 ¹⁰		a) 1.4 · 10 ¹⁴ b) 1.5 · 10 ¹² c) 5.0 · 10 ¹⁰
- als HT	2.8 · 10 ¹²		2.9 · 10 ¹²		2.9 · 10 ¹²		2.9 · 10 ¹²	
C 14								
- unspezifiziert oder in flüchtiger Form	1.2 · 10 ¹⁴	2.7 · 10 ⁹	1.4 · 10 ¹⁴	3.1 · 10 ⁹	1.4 · 10 ¹⁴	3.1 · 10 ⁹	1.4 · 10 ¹⁴	3.1 · 10 ⁹
- Anteil in flüchti- ger Form ≤ 10 %		2.7 · 10 ¹⁰		3.1 · 10 ¹⁰		3.1 · 10 ¹⁰		3.1 · 10 ¹⁰
- Anteil in flüchti- ger Form ≤ 1 %		2.7 · 10 ¹¹		3.1 · 10 ¹¹		3.1 · 10 ¹¹		3.1 · 10 ¹¹

Gesamtaktivität im Abfallprodukt ohne Tritiumaktivität: a) < 10¹⁰ Bq, b) ≥ 10¹⁰ Bq bis < 10¹² Bq, c) ≥ 10¹² Bq;

Massenanteil des Wassers bzw. der Restfeuchte im Abfallprodukt: d) < 1 %, e) ≥ 1 %;

*) Abfallproduktgruppe umfaßt auch Absorberstäbe und Steuerelemente aus Leichtwasser-



Tabelle 4-1: (Fortsetzung)

Beispielhafte betriebliche Aktivitätsgrenzwerte für Radionuklide und Radionuklidgruppen, die aus der Sicherheitsanalyse für den bestimmungsgemäßen Betrieb resultieren (Angaben in Bq/m)

Radionuklid/ Radionuklid- gruppe	Verpackung ohne spezifizierte Dichtigkeit		Verpackung mit spezifizierter Dichtigkeit jährlicher Durchlässigkeitsanteil					
	Metallische Feststoffe *)	Sonstige Abfallprodukt- gruppen	≤ 0.01		≤ 0.001		≤ 0.0001	
Metallische Feststoffe			Sonstige Abfallprodukt- gruppen	Metallische Feststoffe	Sonstige Abfallprodukt- gruppen	Metallische Feststoffe	Sonstige Abfallprodukt- gruppen	
I 129								
- unspezifiziert		$1.9 \cdot 10^8$		$1.9 \cdot 10^{10}$		$1.9 \cdot 10^{11}$		$1.9 \cdot 10^{12}$
- auf silberhaltigen Filtern aus der Abgasreinigung von Wiederaufarbeitungsanlagen		$1.9 \cdot 10^{10}$		$1.9 \cdot 10^{12}$		$1.9 \cdot 10^{13}$		$1.9 \cdot 10^{14}$
Ra 226								
- unfixiert		$9.0 \cdot 10^7$		$4.8 \cdot 10^{11}$		$4.8 \cdot 10^{12}$		$4.8 \cdot 10^{13}$
- fixiert		$1.4 \cdot 10^9$		$4.8 \cdot 10^{11}$		$4.8 \cdot 10^{12}$		$4.8 \cdot 10^{13}$
sonstige β/γ -Strahler außer Pu 241		d) $3.7 \cdot 10^{16}$ e) $3.7 \cdot 10^{14}$		d) $3.7 \cdot 10^{18}$ e) $3.7 \cdot 10^{16}$				
sonstige α -Strahler sowie Pu 241		$1.9 \cdot 10^{15}$		$1.9 \cdot 10^{17}$				

Gesamtaktivität im Abfallprodukt ohne Tritiumaktivität: a) $< 10^{10}$ Bq, b) $\geq 10^{10}$ Bq bis $< 10^{12}$ Bq, c) $\geq 10^{12}$ Bq;

Massenanteil des Wassers bzw. der Restfeuchte im Abfallprodukt: d) < 1 %, e) ≥ 1 %;

*) Abfallproduktgruppe umfaßt auch Absorberstäbe und Steuerelemente aus Leichtwasser-Reaktoren



5 LITERATUR

/MÜL 90/

Ableitung von Aktivitätsgrenzwerten für die betriebliche Praxis der Einlagerung radioaktiver Abfälle

GRS-A-1452, Erläuternde Unterlagen 261,

BfS-Dok.-Nr. 33219/LBA/RB/0003.

03



ANHANG 1

Tabelle A-1:

Mittleres jährliches Abfallaufkommen (gemittelt über 19 Jahre)

F24060KF	0.3
F24080KF	4.0
F42040KF	10.0
F4204AKF	58.0
F4204BKF	1575.0
F42070KF	20.0
F4208AKF	50.0
F4208BKF	43.0
F4208CKF	15.0
F52020KF	100.0
F52030KF	320.0
F52040KF	2.0
F5208AKF	2250.0
F5208BKF	230.0
F54070KF	400.0
F54080KF	200.0
F62020KF	8.0
F6204AKF	31.0
F6204BKF	100.0
F6208AKF	10.0
F6208BKF	10.0
F6208CKF	30.0
F6208DKF	11.0
F6208EKF	10.0
F6208FKF	5.0
F6208GKF	13.0
F6208HKF	6.0
F6304AKF	40.0
F6304BKF	126.0
F64080KF	8.0
I22090KW	2.0
I42050AL	75.0
I42070UR	35.4
I42080KW	1.0
I52010EX	0.1
I52010NU	30.0
I52010RB	6.0
I52030NU	20.0
I52050AL	75.0
I52070EX	3.0
I52090KW	60.0
I54020EX	25.0
I54020RB	25.0
I54020UR	23.6
I54040NU	10.0
I54060AL	10.0
I54100KW	40.0
J52090KW	60.0
K23010DW	133.6
K24010DW	89.0
K24020SW	34.5
K24030DW	22.3
K24040DW	138.5
K24050SW	414.5
K24060SN	14.8
K24080SW	5.2
K24090SW	86.4
K24100SW	103.6
K24110DS	32.6
K24110SN	8.9
K24120AV	0.9
K24130AV	1.4
K42020SW	859.0
K42030DW	178.2
K42040DW	483.0



Tabelle A-1 (Fortsetzung):

Mittleres jährliches Abfallaufkommen (gemittelt über 19 Jahre)

K42050SW	425.5
K42060SN	355.0
K42110DS	326.4
K42120AV	1.4
K42120DS	39.2
K42130AV	3.2
K52030AV	0.4
K52040DW	928.0
K52050SW	1381.0
K52070AV	1.8
K52110DS	481.4
K52110HT	75.0
K52120AV	1.4
K52120DS	70.8
K52120HT	4.8
K52140AV	5.4
K52150AV	0.4
K52160HT	327.0
K54130AV	9.1
K54130DS	544.0
K54130HT	8.9
K54130SN	59.1
K62130DS	27.2
L52010NR	150.0
L5206ALH	0.2
L5206BLH	0.1
L54020NR	20.0
S24010AV	1.8
S24010FJ	1.2
S24010FR	5.1
S24010OH	9.5
S2401AVA	0.9
S2401BVA	1.6
S2401CVA	0.2
S2401DVA	0.2
S2401EVA	0.1
S24020AV	1.8
S24020FJ	2.0
S24030FR	5.0
S42020FR	6.8
S42020KK	34.1
S42030FR	9.1
S42040OH	0.2
S52020FR	7.7
S52020HD	64.5
S52030FR	40.0
S52040OH	2.3
S54030OH	14.5
S62020AV	0.1
S6202AAV	0.1
S6202BAV	1.0
S6202CAV	2.6
S6204AVA	1.0
S6204BVA	0.3
S6204CVA	0.1
S6204DVA	0.4
S6402AVA	0.1
S6402BVA	0.4
S6402CVA	1.1
S64020OH	0.9
S6403AVA	1.9
S6403BVA	0.4
S6403CVA	0.4
S64030KK	3.0



Tabelle A-1 (Fortsetzung):

Mittleres jährliches Abfallaufkommen (gemittelt über 19 Jahre)

U42020HO	2.0
U520100B	120.0
U520200B	5.0
U52040HO	3.0
U540300B	30.0
U54050HO	26.0
U54060HO	3.0
W32200WA	103.0
W4205AWA	982.6
W4205BWA	1.4
W42060WA	49.5
W42070WA	62.5
W42080WA	862.0
W42100WA	3.6
W42110CB	650.0
W42130WA	4.4
W42150CB	614.5
W43080CB	293.2
W52080WA	510.0
W52090WA	68.0
W52100WA	33.5
W52110WA	130.0
W52140WA	36.4
W52150WA	127.0

Tabelle A-2: Abfallaufkommen für das Jahr 2000

F24060KF	0.3
F24080KF	4.0
F42040KF	10.0
F4204AKF	58.0
F4204BKF	1575.0
F42070KF	20.0
F4208AKF	50.0
F4208BKF	43.0
F4208CKF	15.0
F52020KF	100.0
F52030KF	320.0
F52040KF	2.0
F5208AKF	2250.0
F5208BKF	230.0
F54070KF	400.0
F54080KF	200.0
F62020KF	8.0
F6204AKF	31.0
F6204BKF	100.0
F6208AKF	10.0
F6208BKF	10.0
F6208CKF	30.0
F6208DKF	11.0
F6208EKF	10.0
F6208FKF	5.0
F6208GKF	13.0
F6208HKF	6.0
F6304AKF	40.0
F6304EKF	126.0
F64080KF	8.0
I22090KW	2.0
I42050AL	75.0
I42070UR	60.0



Tabelle A-2 (Fortsetzung): Abfallaufkommen für das Jahr 2000

I42080KW	1.0
I52010EX	0.1
I52010NU	30.0
I52010RB	6.0
I52030NU	20.0
I52050AL	75.0
I52070EX	3.0
I52090KW	60.0
I54020EX	25.0
I54020RB	25.0
I54020UR	40.0
I54040NU	10.0
I54060AL	10.0
I54100KW	40.0
J52090KW	60.0
K23010DW	204.0
K24010DW	136.0
K24020SW	40.0
K24030DW	34.0
K24040DW	214.2
K24050SW	480.0
K24060SN	25.0
K24080SW	6.0
K24090SW	100.0
K24100SW	120.0
K24110DS	46.0
K24110SN	15.0
K24120AV	0.0
K24130AV	0.0
K42020SW	1050.0
K42030DW	302.0
K42040DW	736.0
K42050SW	520.0
K42060SN	600.0
K42110DS	460.0
K42120AV	0.0
K42120DS	39.2
K42130AV	0.0
K52030AV	0.0
K52040DW	1416.0
K52050SW	1600.0
K52070AV	0.0
K52110DS	690.0
K52110HT	110.0
K52120AV	0.0
K52120DS	102.0
K52120HT	7.0
K52140AV	0.0
K52150AV	0.0
K52160HT	480.0
K54130AV	0.0
K54130DS	766.0
K54130HT	13.0
K54130SN	100.0
K62130DS	38.0
L52010NR	150.0
L5206ALH	0.2
L5206BLH	0.2
L54020NR	20.0
S24010AV	0.2
S24010FJ	1.8
S24010FR	5.1
S24010OH	0.0
S24010VA	0.0
S24010BVA	0.0
S24010CVA	0.0
S24010DVA	0.0
S24010EVA	0.0
S24020AV	1.8
S24020FJ	0.1
S24030FR	0.0



Tabelle A-2 (Fortsetzung): Abfallaufkommen für das Jahr 2000

S42020KK	0.0
S42030FR	0.0
S42040OH	0.0
S52020FR	0.0
S52020HD	0.0
S52030FR	0.0
S52040OH	0.0
S54030OH	0.0
S62020AV	1.0
S6202AAV	2.6
S6202BAV	1.2
S6202CAV	2.0
S6204AVA	0.0
S6204BVA	0.0
S6204CVA	0.0
S6204DVA	0.0
S6402AVA	0.0
S6402BVA	0.0
S6402CVA	0.0
S64020OH	0.0
S6403AVA	0.0
S6403BVA	0.0
S6403CVA	0.0
S64030KK	0.0
U42020HO	2.0
U520100B	120.0
U520200B	5.0
U52040HO	3.0
U540300B	30.0
U54050HO	26.0
U54060HO	3.0
W32200WA	103.0
W4205AWA	2702.0
W4205BWA	4.0
W42060WA	136.0
W42070WA	172.0
W42080WA	2370.0
W42100WA	10.0
W42110CB	0.0
W42130WA	12.0
W42150CB	614.5
W43080CB	0.0
W52080WA	1458.0
W52090WA	187.0
W52100WA	92.0
W52110WA	357.0
W52140WA	100.0
W52150WA	350.0



ANHANG 2:Ermittlung der Aktivitätsgrenzwerte für Radium aufgrund der Begrenzung der Inhalationsdosis des Personals

Die Inhalationsdosis des Personals der Schachtanlage Konrad wird bestimmt durch die flüchtigen Radionuklide H 3, C 14 und Rn 222. Will man die beantragten Abgaberaten für H 3 ($1,5 \cdot 10^{13}$ Bq/a) und C 14 ($3,7 \cdot 10^{11}$ Bq) ausschöpfen, so ergibt sich die zulässige Rn 222-Emission aus den übrigen Randbedingungen.

Die Jahresaktivitätszufuhr (JAZ) von H 3 und C 14 bei dauerndem Aufenthalt in kontaminierten Abwettern läßt sich aus den beantragten Abgaberaten nach folgender Gleichung ermitteln:

$$JAZ = \frac{G_i \cdot AR}{LR \cdot n_0}$$

wobei

G_i = pro Jahr mit den Abwettern abgeleitete Aktivität von H 3 und C 14 (Antragswerte)

AR = Atemrate ($2500 \text{ m}^3/\text{a}$)

LR = Wetterstrom ($23 \text{ m}^3/\text{s} = 7.25 \cdot 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$)

n_0 = maximale Anzahl der Einlagerungskammern, die gleichzeitig Abfälle in unversetzten Einlagerungsbereichen enthalten (= 4)

Hiermit erhält man

$$JAZ \text{ (H 3)} = 1.3 \cdot 10^7 \text{ Bq}$$

$$JAZ \text{ (C 14)} = 3.2 \cdot 10^5 \text{ Bq}$$

Die Grenzwerte der JAZ über Inhalation betragen gemäß Anlage IV, StrlSchV (konservativ wurde der jeweils restriktivste Wert unterstellt):

03



$$JAZ_{\max}(\text{H-3}) = 3 \cdot 10^9 \text{ Bq/a}$$

$$JAZ_{\max}(\text{C-14}) = 9 \cdot 10^7 \text{ Bq/a.}$$

Drückt man die JAZ als Vielfaches des Planungsrichtwertes des BfS (1 % § 49 StrlSchV, Kat. A) aus ($\hat{=} 0.01 \cdot JAZ_{\max}$) so ergibt sich

$$j = \frac{JAZ}{JAZ_{\max} \cdot 0.01} = 0.43 \text{ für H-3/0.35 für C-14}$$

Folglich beträgt die JAZ an C-14 und H-3 bei dauerndem Aufenthalt in kontaminierten Abwettern das 0.8-fache des BfS-Planungsrichtwertes.

| 03

Für die tatsächliche JAZ ist zum einen zu berücksichtigen, daß gegenüber den unterstellten bisher 2 000 h Aufenthaltsdauer die tatsächliche Arbeitszeit unter Tage 1200 h beträgt (200 Schichten à 6 h). Zum anderen macht die Arbeitszeit in kontaminierten Abwettern wiederum nur einen Bruchteil der Jahresarbeitszeit aus. Legt man einen Anteil von 12 % der Jahresarbeitszeit zugrunde, so ergibt sich eine JAZ, die das 0.06-fache des Planungsrichtwertes beträgt. Der Anteil von 12 % deckt alle derzeit absehbaren Arbeiten in kontaminierten Abwettern ab.

Die zulässige Aktivitätsabgaberate für Rn-222 errechnet sich daraus mit Hilfe der Gleichungen (1) und (2) nach

$$G = \frac{LR \cdot A_j \cdot JAZ_{\max} \cdot 0.01 \cdot n_o}{AR \cdot a_t \cdot a_w} \quad (3)$$

mit

A_j = verbleibender Anteil der JAZ, bezogen auf den Planungsrichtwert
(= 0.94)

JAZ_{\max} = Grenzwert der JAZ unter Berücksichtigung eines Gleichgewichtsfaktors von 0.3 (= $1.3 \cdot 10^7$ Bq/a)

a_t = maximale Arbeitszeit untertage (1 200 h), bezogen auf die der JAZ zugrunde gelegten Aufenthaltsdauer von 2 000 h (= 0.6)

a_w = Anteil der Arbeitszeit in kontaminierten Abwettern (= 0.12)



Die zulässige Aktivitätsableitung für Rn-222 mit den Abwettern errechnet sich daraus zu

$$G_{\text{Rn-222}} = 1.9 \cdot 10^{12} \text{ Bq/a}$$

Die für Abfallgebinde ohne Dichtigkeitspezifikationen einlagerbare Aktivität pro Jahr bei unfixierten Abfällen beträgt damit $9 \cdot 10^{10}$ Bq oder $9 \cdot 10^6$ Bq pro Abfallgebinde, wenn man die Einlagerung von maximal 10 000 Abfallgebänden pro Jahr unterstellt.

